

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 31 624.4

**Anmeldetag:** 12. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Piezoelektrisches Bauelement

**IPC:** H 01 L 41/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
im Auftrag

Wallner

8V331378759

5 R. 41803  
01.07.2002

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Piezoelektrisches Bauelement

15 Stand der Technik

Die Erfindung geht von einem piezoelektrischen Bauelement mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 aus.

20

Ein derartiges piezoelektrisches Bauelement ist aus der DE 198 60 001 A1 bekannt und kann als Aktuator eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Diesel-Brennkraftmaschine, eines Kraftfahrzeuges eingesetzt werden.

25

30

Das bekannte piezoelektrische Bauelement, das aus einem einen Piezoaktor bildenden, monolithischen Stapel von Piezokeramiksichten und dazwischen angeordneten Elektroden-schichten besteht, ist an seiner seitlichen Oberfläche mit einer Schutzschicht aus Kunststoff versehen, die aus einem

Silikonelastomer gebildet ist und die Aufgabe hat, die empfindliche, piezoelektrisch aktive Oberfläche des Piezoaktors vor Beschädigung, Verschmutzung und Einwirkung von Feuchtigkeit und Betriebsstoffen zu schützen.

5

Die Beschichtung des bekannten piezoelektrischen Bauelements hat jedoch den Nachteil, daß Verlustwärme des Piezoaktors gegebenenfalls nicht hinreichend gut abgeleitet werden kann.

10

#### Vorteile der Erfindung

15

Das piezoelektrische Bauelement nach der Erfindung mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, bei dem das Elastomer ein wärmeleitfähiges Elastomer ist, das einen Füllstoff umfaßt, der auf Basis von Aluminiumoxid, Titandioxid, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Siliziumcarbid

20

und/oder vorzugsweise Siliziumdioxid hergestellt ist, hat demgegenüber den Vorteil einer Verbesserung der Ableitung der Verlustwärme des keramischen Aktors, da durch den Füllstoff eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit der Beschichtung erreicht werden kann. Ferner können zusätzliche Maßnahmen zur elektrischen Isolierung des Aktors im wesentlichen entfallen.

25

30

Der Begriff Beschichtung ist in seinem weitesten Sinne zu verstehen. So kann es sich bei der Beschichtung um eine auf den Aktor direkt aufgebrachte Elastomerschicht oder auch um eine Elastomervergußmasse handeln, in die der Aktor eingebettet ist.

Bei dem Elastomer kann es sich um ein Silikonelastomer handeln, welches mit dem Füllstoff angereichert ist. Insbesondere, wenn die Beschichtung als Vergußmasse ausgeführt ist, wird als Elastomer vorzugsweise ein reaktives, vulkanisiertes Silikonelastomer, wie ein Organopolysiloxan, eingesetzt, das den Füllstoff umfaßt. Ein Silikonelastomer ist elastisch, so daß die mechanischen Spannungen, die auf den keramischen Aktor wirken, niedrig gehalten werden können.

Die Beschichtung, die zumindest bereichsweise auf die Oberfläche des keramischen Aktors aufgebracht ist, dient zum Schutz des keramischen Aktors vor Beschädigung, Verschmutzung sowie einer Einwirkung von Luftfeuchtigkeit und Betriebsstoffen und bildet eine elektrische Isolierung. Auch ist die Beschichtung auf einfache Art und Weise auf den keramischen Aktor auftragbar.

Das piezoelektrische Bauelement nach der Erfindung kann beispielsweise bei einem Injektor einer Common-Rail-Einspritzanlage einer Diesel-Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges eingesetzt werden. In diesem Falle ist es zweckmäßig, als Matrix für den Füllstoff ein Silikonelastomer einzusetzen, das in einem Temperaturbereich zwischen  $-40^{\circ}\text{C}$  und  $+150^{\circ}\text{C}$  eine hinreichend große Elastizität aufweist. Bei dem Silikonelastomer handelt es sich beispielsweise um ein Dimethylsiloxan.

Silikone sind dreidimensional vernetzende Systeme, bei denen zwischen zwei Vernetzungsarten unterschieden werden kann, nämlich der Additionsvernetzung und Kondensationsver-

netzung. Bei der Additionsvernetzung, die im vorliegenden Fall vorteilhaft eine Rolle spielt, kommt es zu keiner Abspaltung von Nebenprodukten. Ferner härtet das Elastomer unabhängig von der Schichtdicke aus.

5

Das Elastomer kann eine Dicke von weniger als 200  $\mu\text{m}$  aufweisen.

10

Als zweckmäßig erweist es sich, wenn der Füllstoff eine Korngröße zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 15  $\mu\text{m}$ , aufweist.

15

Der Anteil des Füllstoffes an dem Elastomer liegt bei einer vorteilhaften Ausführungsform des piezoelektrischen Bauelements nach der Erfindung zwischen 20 Gew.-% und 79 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 50 Gew.-% und 60 Gew.-%.

20

Zur Erhöhung der Haftung der Beschichtung auf dem keramischen Aktor kann das Elastomer zusätzlich einen Haftvermittler umfassen, wobei der Haftvermittler selbst ein Silikon auf Basis eines kondensationsvernetzenden Systems, beispielsweise auf Basis von Alkoxysilanen, sein kann. Insbesondere durch den Haftvermittler kann der Feuchteschutz des Aktors noch weiter verbessert werden.

25

Der Haftvermittler kann direkt dem Elastomer zugesetzt sein oder in einen getrennten Arbeitsschritt auf den das Substrat bildenden, keramischen Aktor aufgebracht werden (Primern).

30

Bei dem Elastomer kann es sich um ein einkomponentiges oder um ein zweikomponentiges System handeln, wobei einkomponentige Systeme fertigungstechnische Vorteile haben, welche in der Vermeidung von Fehlern beim Mischen und in der Logistik liegen.

Zweikomponentigen Systemen ist zu eigen, daß sie reagieren, sobald die beiden Einzelkomponenten, d. h. das Polymer und der Vernetzer, vereinigt werden. Durch eine Temperaturerhöhung kann die Vernetzung beschleunigt werden. Grundsätzlich ist jedoch auch eine Vernetzung bei Raumtemperatur möglich.

Einkomponentensysteme bilden hingegen gehemmte Systeme, deren Reaktionsgeschwindigkeit durch sogenannte Inhibitoren soweit gesenkt ist, daß eine ausreichende Lagerstabilität gewährleistet ist. Die Inhibitoren werden bei Erreichen einer bestimmten Temperatur, z. B. einer Temperatur von 100 °C, in ihrer Wirkung derart gestört, daß eine Vernetzung erfolgt.

Grundsätzlich ist die Vernetzung des jeweils eingesetzten Systems stark temperaturabhängig. Beispielsweise erfolgt eine Vernetzung bei einer Temperatur von 80 °C innerhalb von 30 Minuten, bei einer Temperatur von 120 °C innerhalb von 8 Minuten und bei einer Temperatur von 150 °C innerhalb von 5 Minuten.

Das Elastomer wird zweckmäßigerweise nach einem Tauchverfahren, einem Gießverfahren oder einem Sprühverfahren auf den keramischen Aktor aufgetragen. Der Auftrag kann bei Raumtemperatur erfolgen. Zur Vernetzung des aufgetragenen

Stoffes wird die Temperatur erhöht, und zwar bei Verwendung eines zweikomponentigen Systems auf eine Temperatur zwischen beispielsweise 80 °C und 150 °C, und bei Verwendung einer einkomponentigen Systems auf eine Temperatur zwischen 100 °C und 150 °C. Die Vernetzung erfolgt dann je nach gewählter Temperatur innerhalb von 4 bis 39 Minuten.

Durch Einsatz dieses Verfahrens kann eine Schichtdicke der Beschichtung des keramischen Aktors zwischen 100 µm und 200 µm, gegebenenfalls von weniger als 100 µm, hergestellt werden.

Wenn die Beschichtung eine Vergußmasse darstellt, wird der keramische Aktor durch druckloses oder druckunterstütztes Einbringen, wie Gießen, Spritzen oder Pressen, des flüssigen oder pastösen Werkstoffes in das in Einbaulage des Aktors auszufüllende Volumen mit der Vergußmasse umgeben. Das Volumen wird bevorzugt in ansteigender Richtung, dann vorteilhaft durch druckloses Einbringen des Werkstoffes, oder auch in fallender Richtung, dann vorteilhaft druckunterstützt, gefüllt oder teilgefüllt. Das auszufüllende Volumen wird durch die Bauteile des Injektors, insbesondere den Keramikraum, einer den Aktor umgebenden Hülse aus Metall, Kunststoff, Keramik oder dergleichen, vorgegeben. Durch ein derartiges Vorgehen ist eine stabile Umhüllung der Keramik und die gegebenenfalls notwendige Freihaltung offener Volumina, sogenannter Ausdehnungsvolumina, sichergestellt.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes nach der Erfindung sind der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen entnehmbar.

## Zeichnung

5 Ein Ausführungsbeispiel eines piezoelektrischen Bauelements nach der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

10 Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung eines keramischen Aktors mit einer Beschichtung.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

15 In der einzigen Figur ist ein piezoelektrisches Bauelement 10 dargestellt, das einen piezoelektrischen Aktuator eines hier nicht näher dargestellten Einspritzventils einer Common-Rail-Einspritzanlage einer Diesel-Brennkraftmaschine bildet.

20 Das piezoelektrische Bauelement 10 umfaßt einen keramischen Aktor 11, der aus einem Stapel piezoelektrischer Keramikschichten mit dazwischen angeordneten Elektrodenschichten besteht.

25 Der keramische Aktor 11 ist mit einer Beschichtung 12 versehen, die derart aufgebracht ist, daß beide Enden des keramischen Aktors 11 unbeschichtet bleiben.

30



5 Die Beschichtung 12 besteht aus einem Elastomer, das aus einem Silikonelastomer, insbesondere aus Dimethylsiloxan, besteht, dem ein Füllstoff zugemischt ist, der auf Basis von Siliziumdioxid hergestellt ist. Der Füllstoff hat eine Korngröße von etwa 10  $\mu\text{m}$ . Der Anteil des Füllstoffes an dem Elastomer beträgt vorliegend etwa 55 Gew.-%.

Die Beschichtung 12 hat bei dem gewählten Beispiel eine Schichtdicke von etwa 150  $\mu\text{m}$ .

10

Die Beschichtung 12 hat eine hinreichend hohe Wärmeleitfähigkeit, so daß Verlustwärme des keramischen Aktors 11 gut abgeleitet werden kann.

01.07.2002

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

## Ansprüche

15

1. Piezoelektrisches Bauelement, umfassend einen keramischen Aktor (11) mit einer Beschichtung (12) aus einem Elastomer, dadurch gekennzeichnet, daß das Elastomer ein wärmeleitfähiges Elastomer ist, das einen Füllstoff umfaßt, der auf Basis von Aluminiumoxid, Titandioxid, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Siliziumcarbid und/oder vorzugsweise Siliziumdioxid hergestellt ist.

20

2. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Füllstoff eine Korngröße zwischen 0,1 µm und 100 µm, vorzugsweise zwischen 1 µm und 15 µm aufweist.

25

3. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Füllstoff einen Anteil zwischen 20 Gew.-% und 79 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 50 Gew.-% und 60 Gew.-% an dem Elastomer aufweist.

30

4. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Elastomer einen Haftvermittler umfaßt.
- 5 5. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1. bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (12) eine Dicke von weniger als 200 µm aufweist.

01.07.2002

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Piezoelektrisches Bauelement

10

Zusammenfassung

15

Es wird ein piezoelektrisches Bauelement vorgeschlagen, das einen keramischen Aktor (11) mit einer Beschichtung (12) aus einem Elastomer umfaßt. Das Elastomer ist ein wärmeleitfähiges Elastomer, das einen Füllstoff umfaßt, der auf Basis von Aluminiumoxid, Titandioxid, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Siliziumcarbid und/oder vorzugsweise Siliziumdioxid hergestellt ist (Figur).

